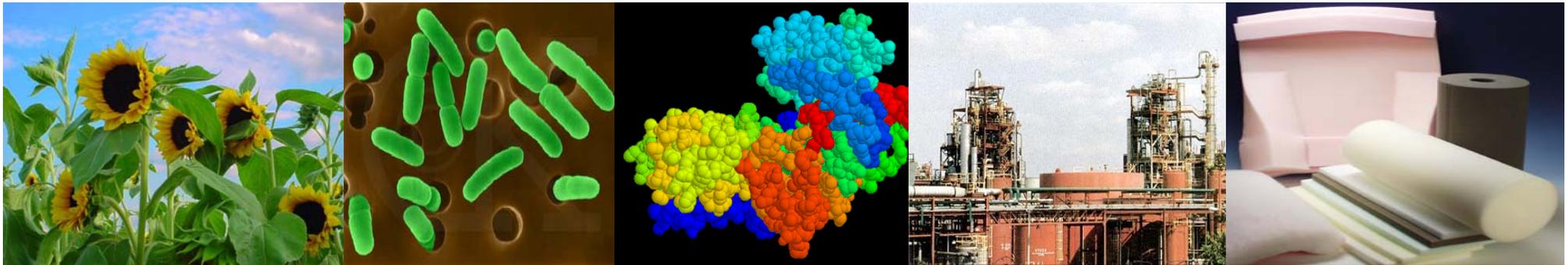


Verknüpfung von Biotechnologie und Chemie bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Forschung und Industrie



Thomas Hirth

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie, Pfinztal



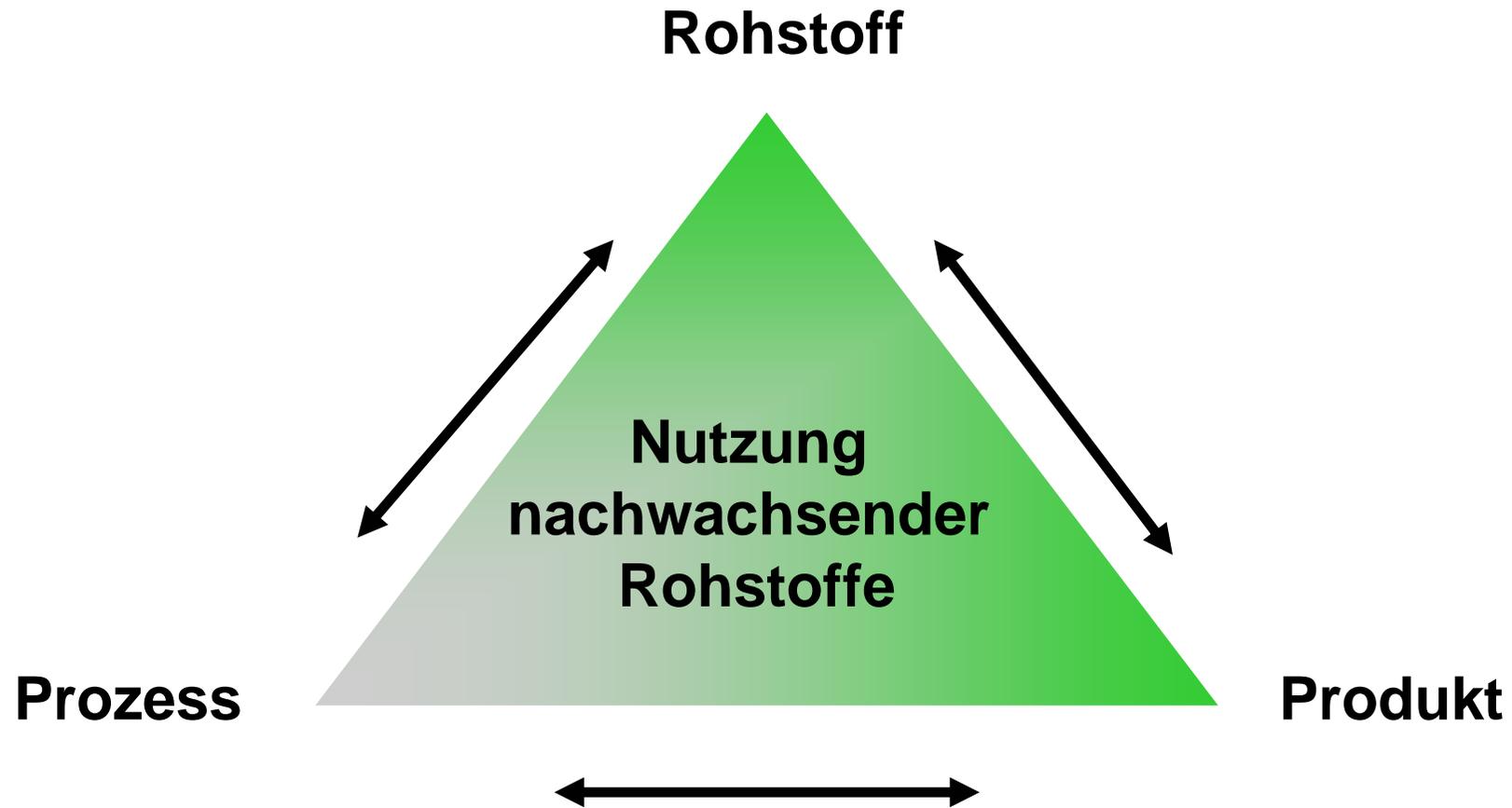
Fraunhofer
Institut
Chemische Technologie

Gliederung

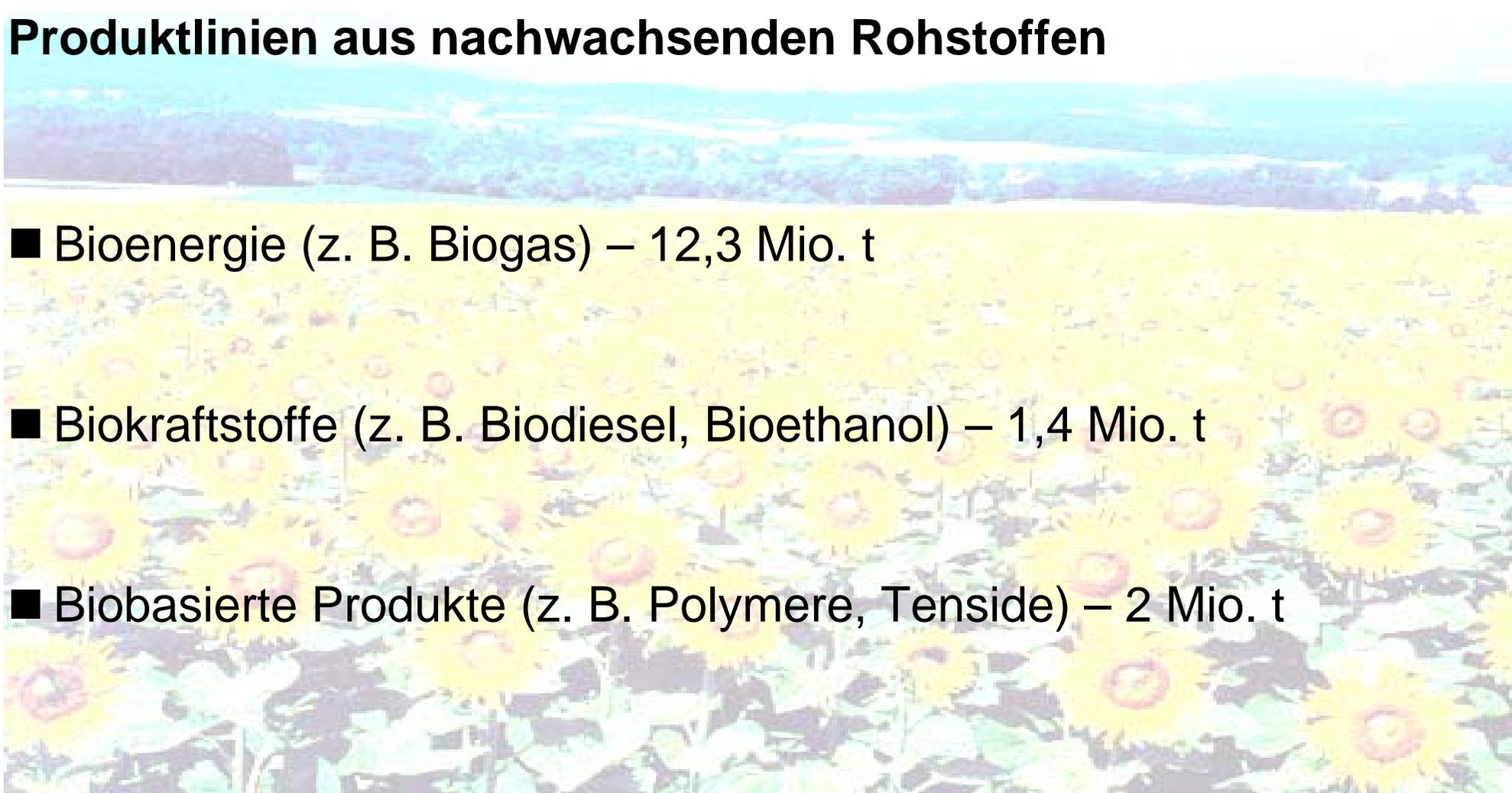
1. Einleitung
2. Prozesse für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe
3. Produkte aus biotechnologischen und chemischen Prozessen
4. Zusammenfassung und Ausblick

Gliederung

1. Einleitung
2. Prozesse für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe
3. Produkte aus biotechnologischen und chemischen Prozessen
4. Zusammenfassung und Ausblick



Produktlinien aus nachwachsenden Rohstoffen

- 
- Bioenergie (z. B. Biogas) – 12,3 Mio. t
 - Biokraftstoffe (z. B. Biodiesel, Bioethanol) – 1,4 Mio. t
 - Biobasierte Produkte (z. B. Polymere, Tenside) – 2 Mio. t



Nachhaltige Chemie - Entwicklungsschwerpunkte

- Industrielle Biotechnologie und stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe
- Reaktions- und Prozesstechnik
- Materialforschung

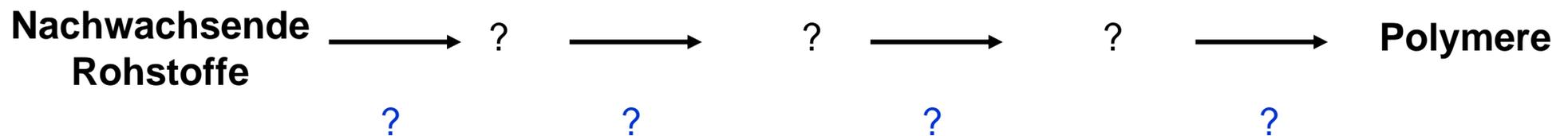
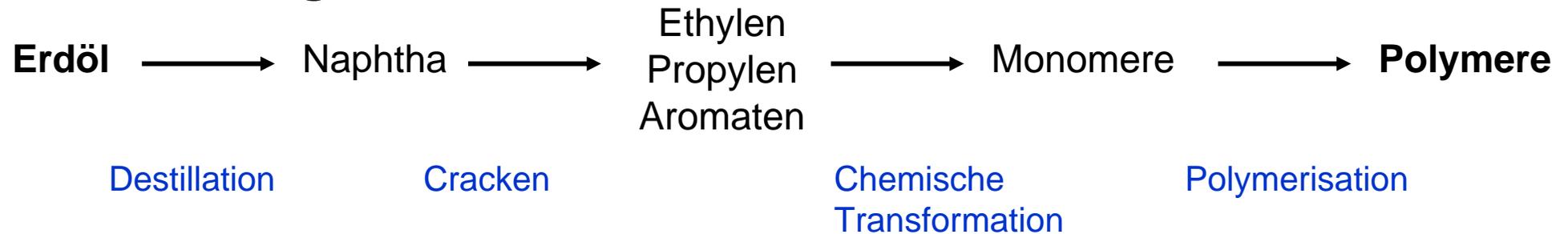


Quelle: CEFIC – European Platform for Sustainable Chemistry – Key chemical areas

Gliederung

1. Einleitung
- 2. Prozesse für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe**
3. Produkte aus biotechnologischen und chemischen Prozessen
4. Zusammenfassung und Ausblick

Vom Rohstoff zum Produkt durch physikalische, biotechnologische, thermo-chemische und chemische Prozesse



Analogie in der Rohstoffaufbereitung



Erdöl



Refining

Naphtha, Gas



Cracking

Ethylen, Propylen, Butadien



NaWaRo



Glukose, Zucker



Ethanol, Milchsäure, 5-HMF

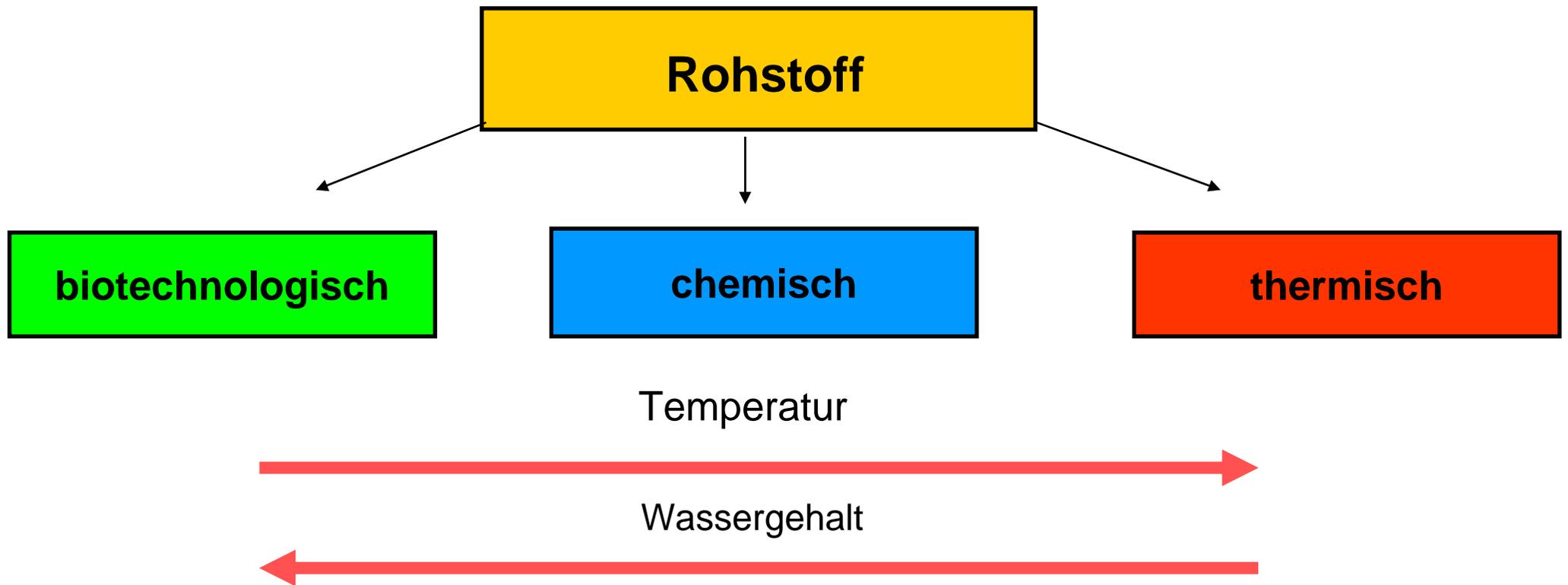


Unterschiede in der Weiterverarbeitung

Petrochemische Rohstoffe → **Funktionalisierung**
Ethylen → *Ethanol*

Nachwachsende Rohstoffe → **Entfunktionalisierung**
Glukose → *Ethanol*

Konversionsprozesse für nachwachsende Rohstoffe



biotechnologisch

Probleme:

**Raum-Zeit-Ausbeute
Produkttoleranz
Substrattoleranz**

Ethanol

Milchsäure, Zitronensäure

1,3-Propandiol

Cystein, Lysin

Vitamin C, B₂



chemisch

Probleme:

**unzureichende
Verfahren und
Katalysatoren**

Zucker und Polyole aus
Kohlenhydraten

- Glukose, Fructose
- Sorbit, Mannit

Phenolderivate aus Lignin

- Vanillin
- Syringaldehyd

Furanderivate aus Kohlenhydraten

- 5-HMF
- Furfural

Alkohole und Säuren aus Ölen

- Glyzerin, 1.3-Propandiol
- Ölsäure, Linolsäure



thermisch



Problem:
Wasserstoffunterschuss,
Ideal für Fischer-
Tropsch-Synthesen ist
ein H₂:CO Verhältnis von
2:1

Wärme, H₂, Wasser

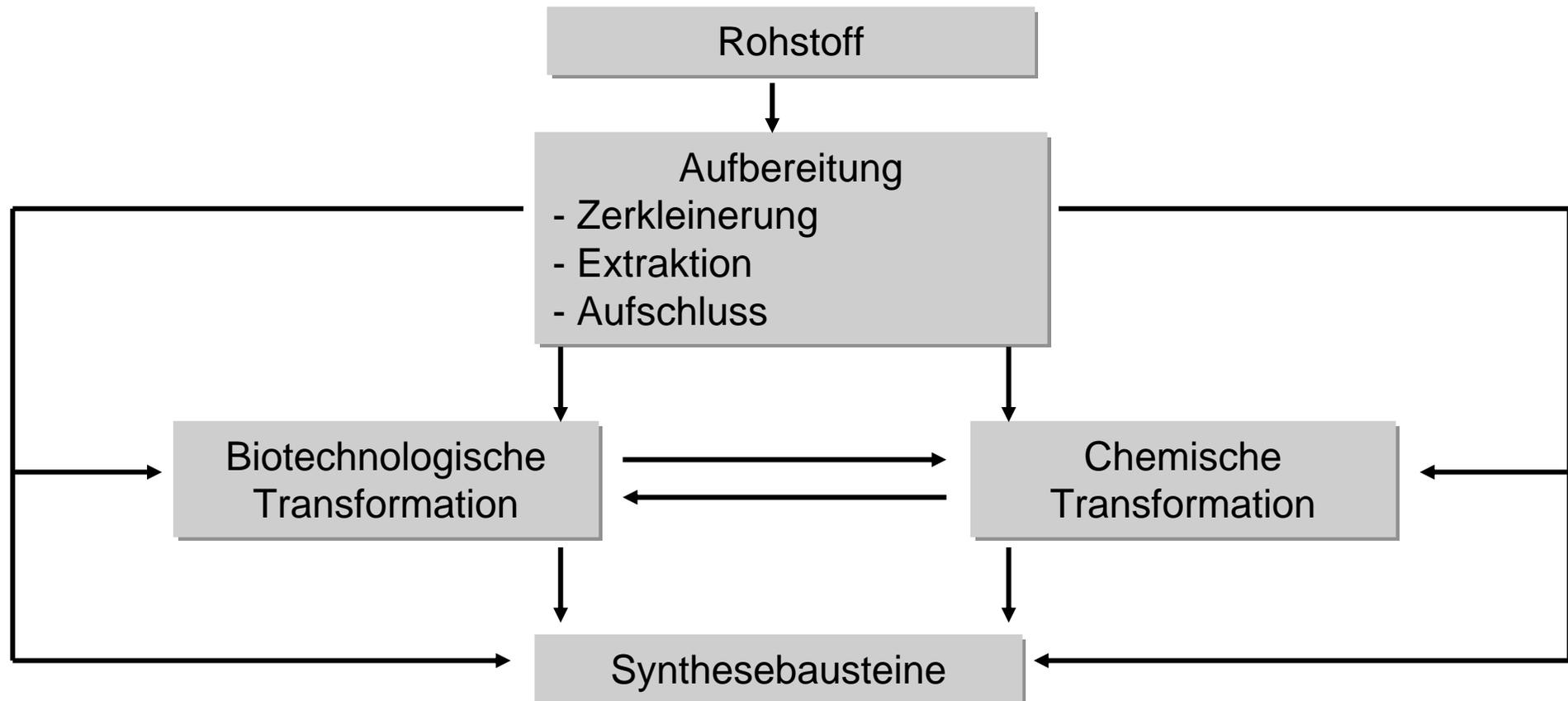
CO, H₂, CO₂, CH₄

Gase, Öle, Koks

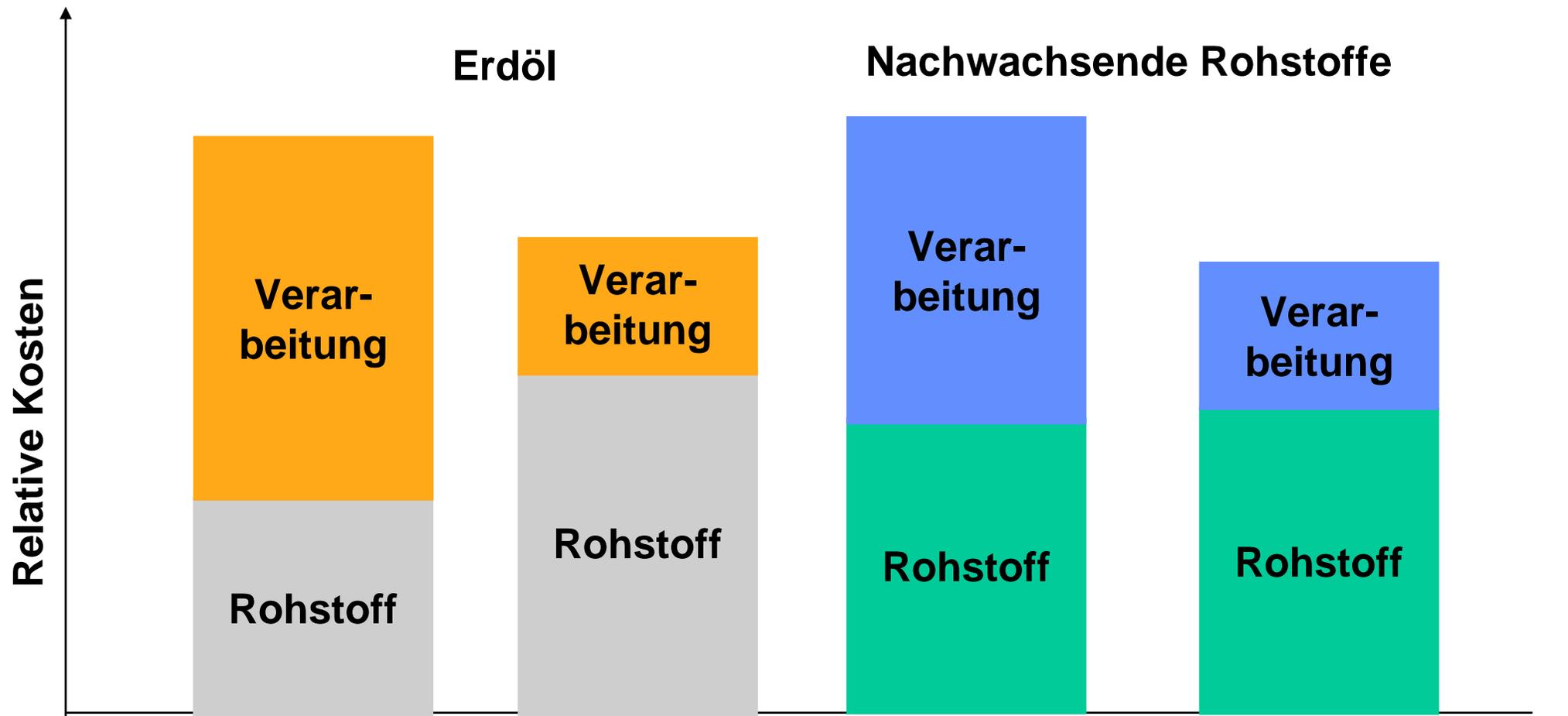
Fraunhofer

Problem:
unselektives
Produktspektrum

Vom Rohstoff zum Produkt durch physikalische, biotechnologische, thermo-chemische und chemische Prozesse



Kosten für Rohstoffe und Verarbeitung

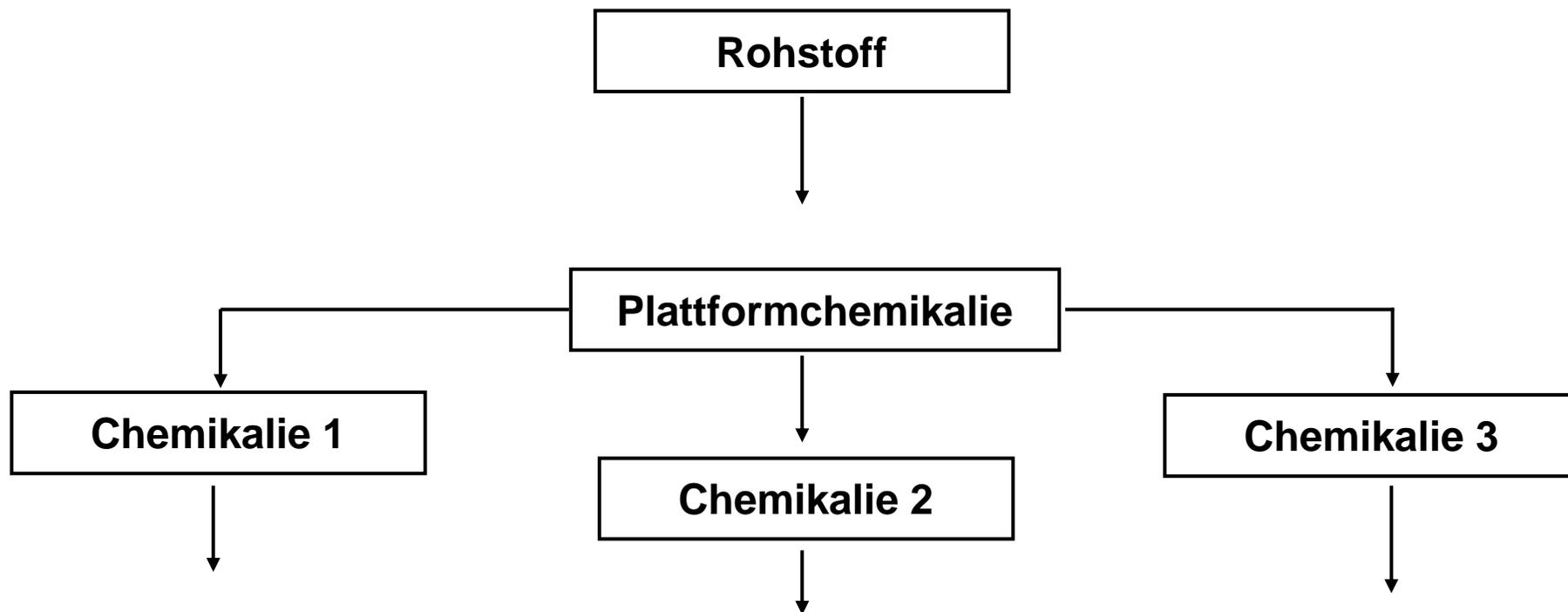


Gliederung

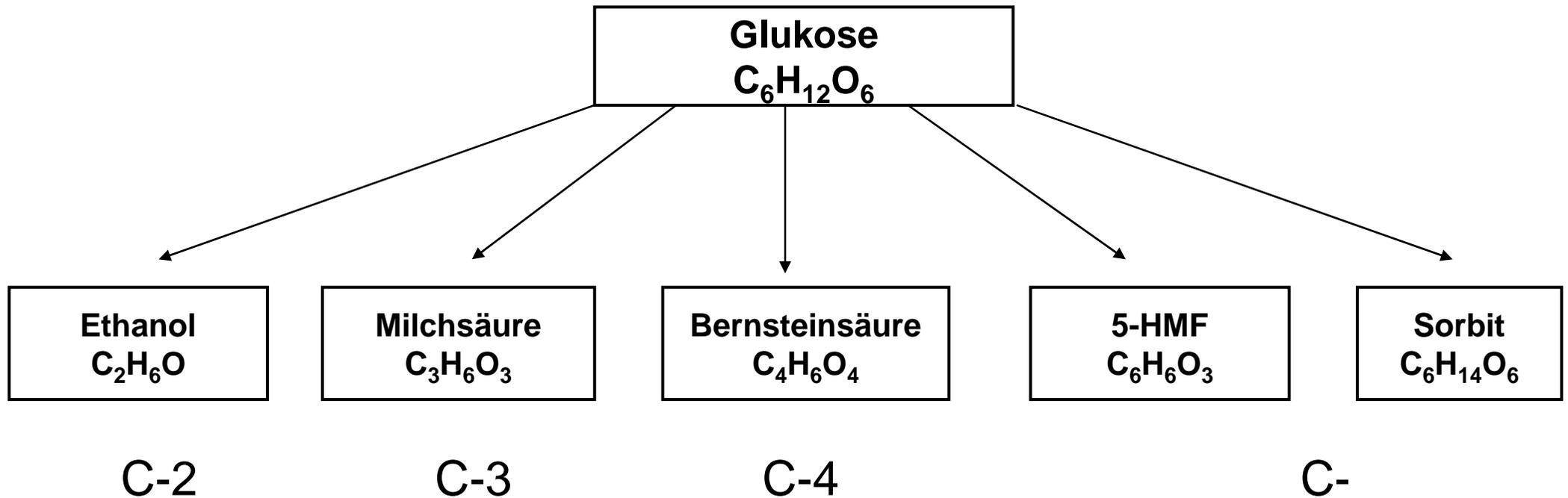
1. Einleitung
2. Prozesse für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe
- 3. Produkte aus biotechnologischen und chemischen Prozessen**
4. Zusammenfassung und Ausblick

Plattformchemikalien

Als "Plattformchemikalien" bezeichnet man Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen, aus denen sich ein Stammbaum wichtiger Industriechemikalien ableiten lässt.

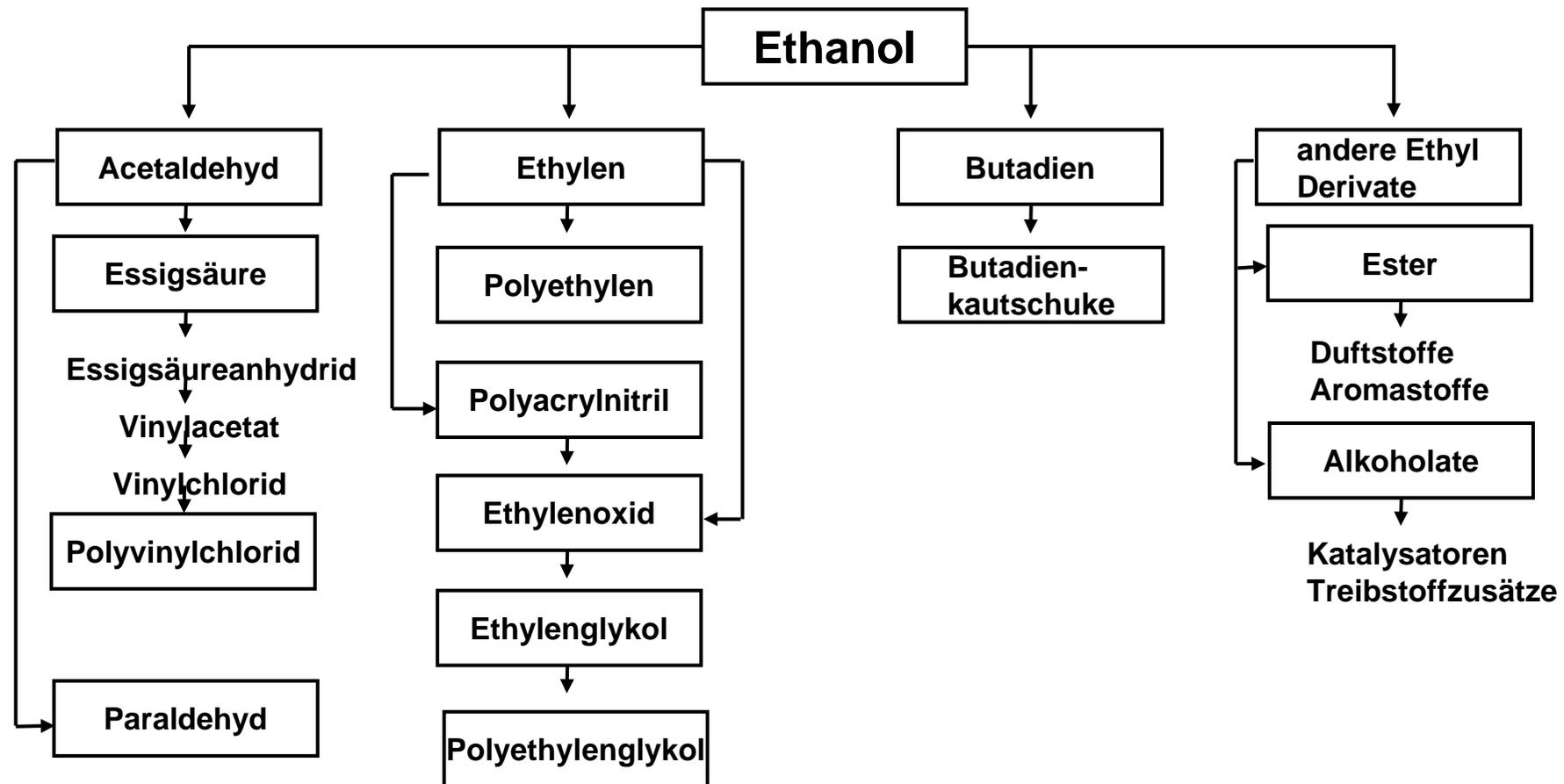


Plattformchemikalien aus Kohlenhydraten



6C-1 Bausteine können durch Vergasung über Synthesegas hergestellt werden

Ethanol als Plattform-Chemikalie



Ethanol als Plattform-Chemikalie

Ethanol aus Zucker/Stärke:

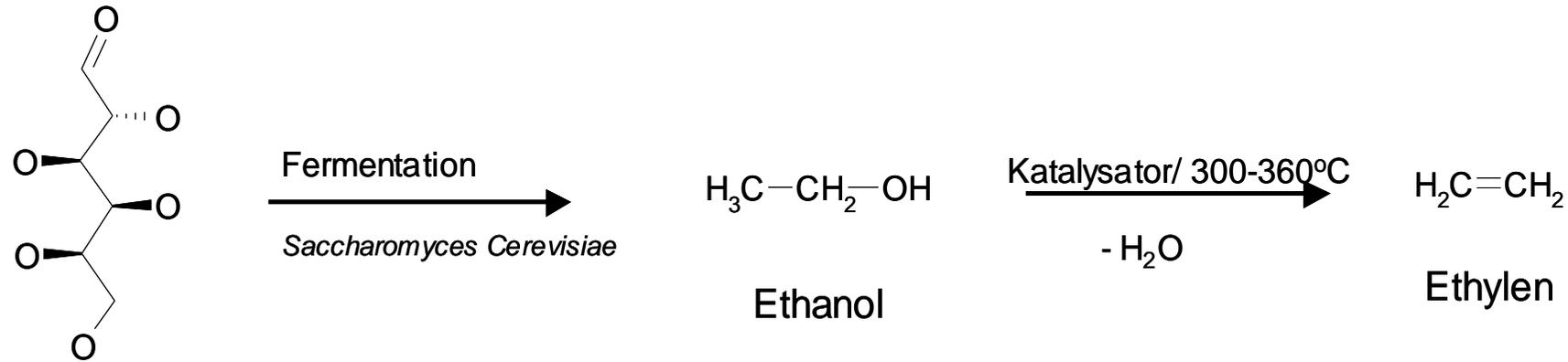
- Bioethanol - Kapazitäten in Deutschland: 490.000 t/a *
in Planung/ Bau: 290.000 t/a *
- Bioethanol - Produktion in Brasilien: 11.900.000 t/a **
- Bioethanol - Produktion in USA: 13.200.000 t/a ***

Ethylen weltweit:
100 Mio. t/a

daraus könnte man ca. 20 Mio. t Ethylen herstellen

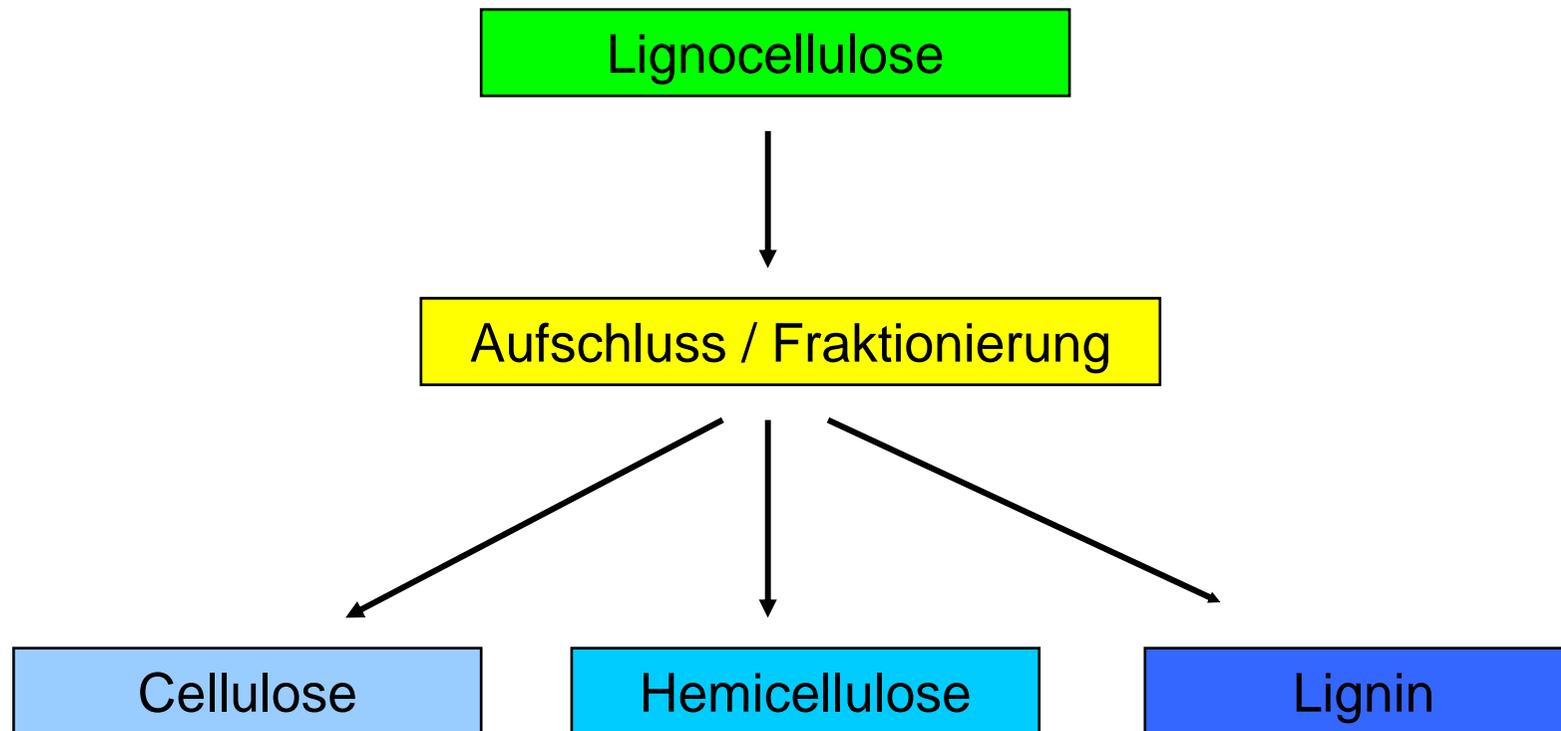
* Quelle: FNR, 2006 ** Renewable Fuels Association 2005 *** Nexant 2006

Herstellung von Ethylen aus nachwachsenden Rohstoffen



Glukose

Quelle: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry
B.C. Saha, "Commodity Chemicals Production by Fermentation",

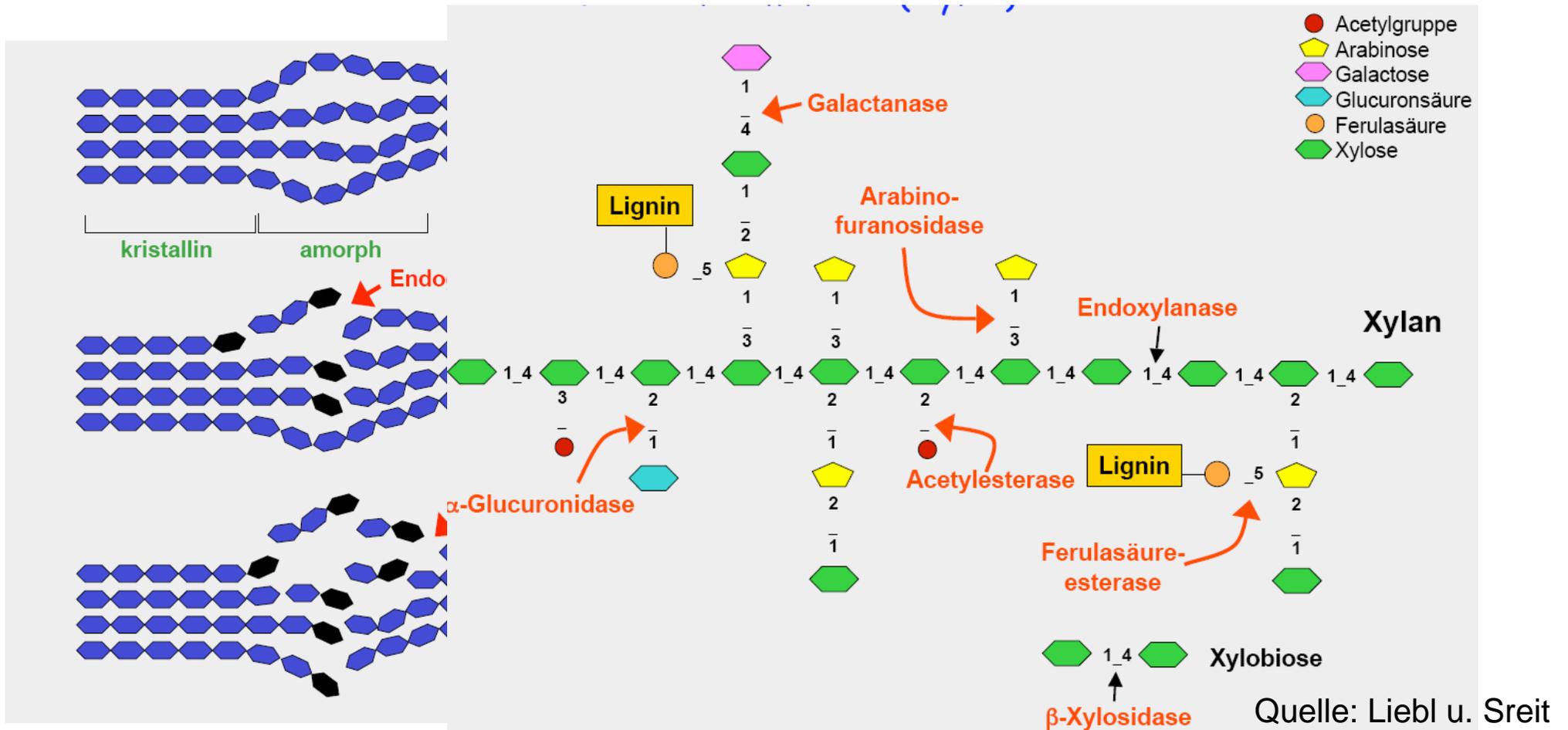


Aufschlussverfahren für Lignocellulose

- Sulfat-Verfahren
- Sulfit-Verfahren
- Mineralsäuren
- Ionische Flüssigkeiten
- Hydrothermalverfahren
- Organosolv-Verfahren (Ethanol, ...)
- Physikalisch-enzymatische Verfahren
- ...
- ...



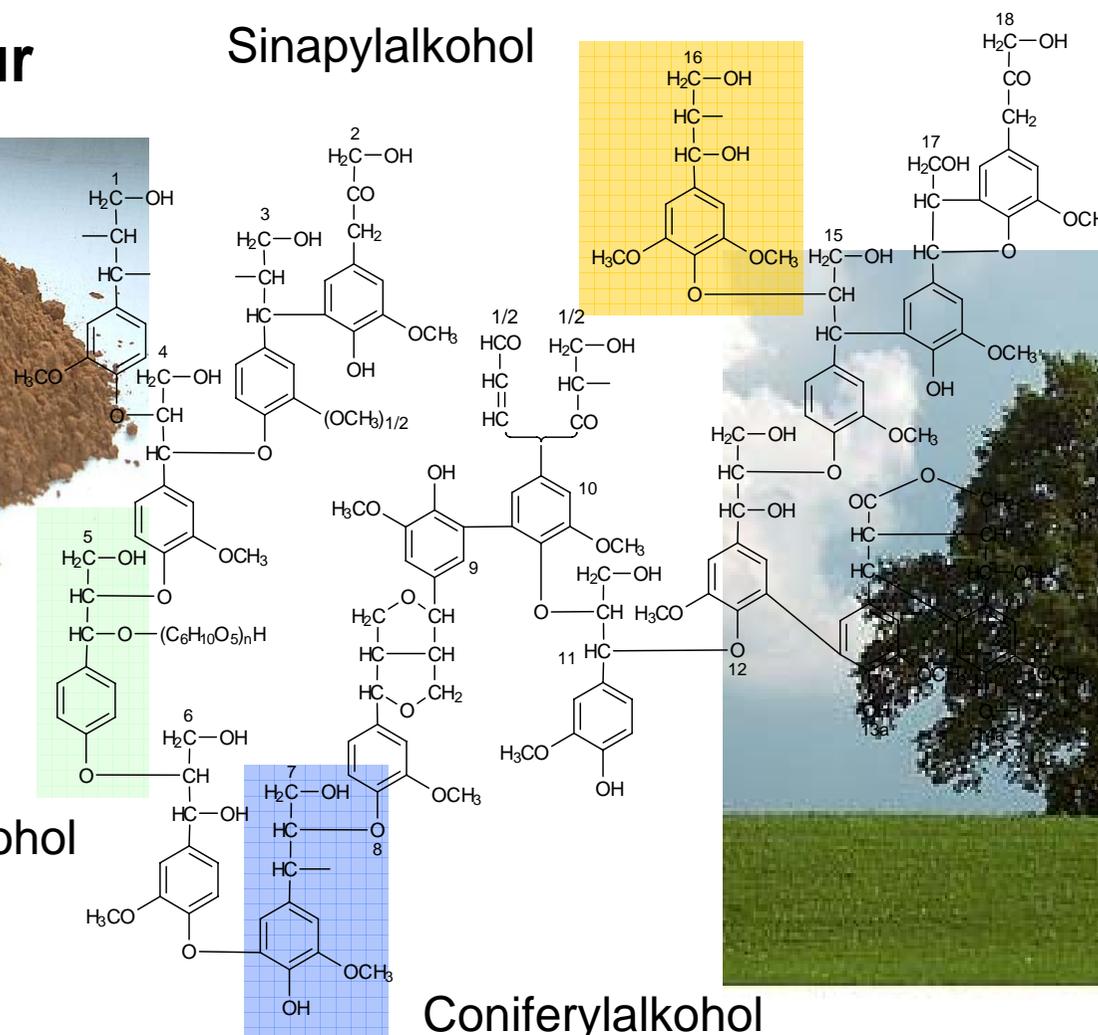
Enzymatische Spaltung von Cellulose und Hemicellulose



Molekülstruktur

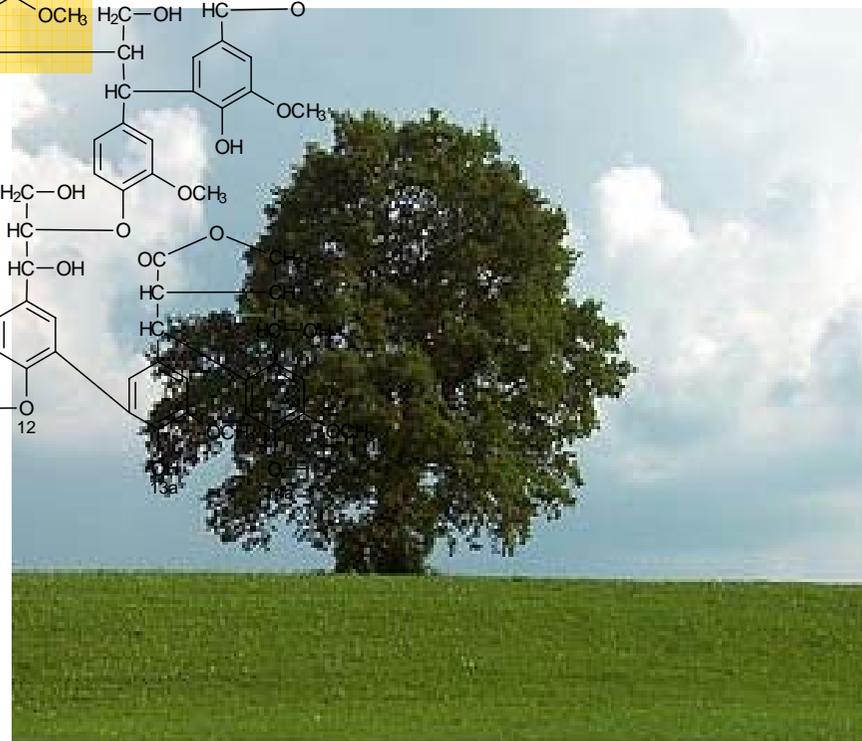
Sinapylalkohol

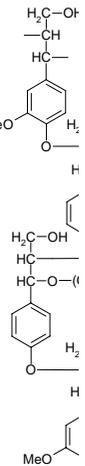
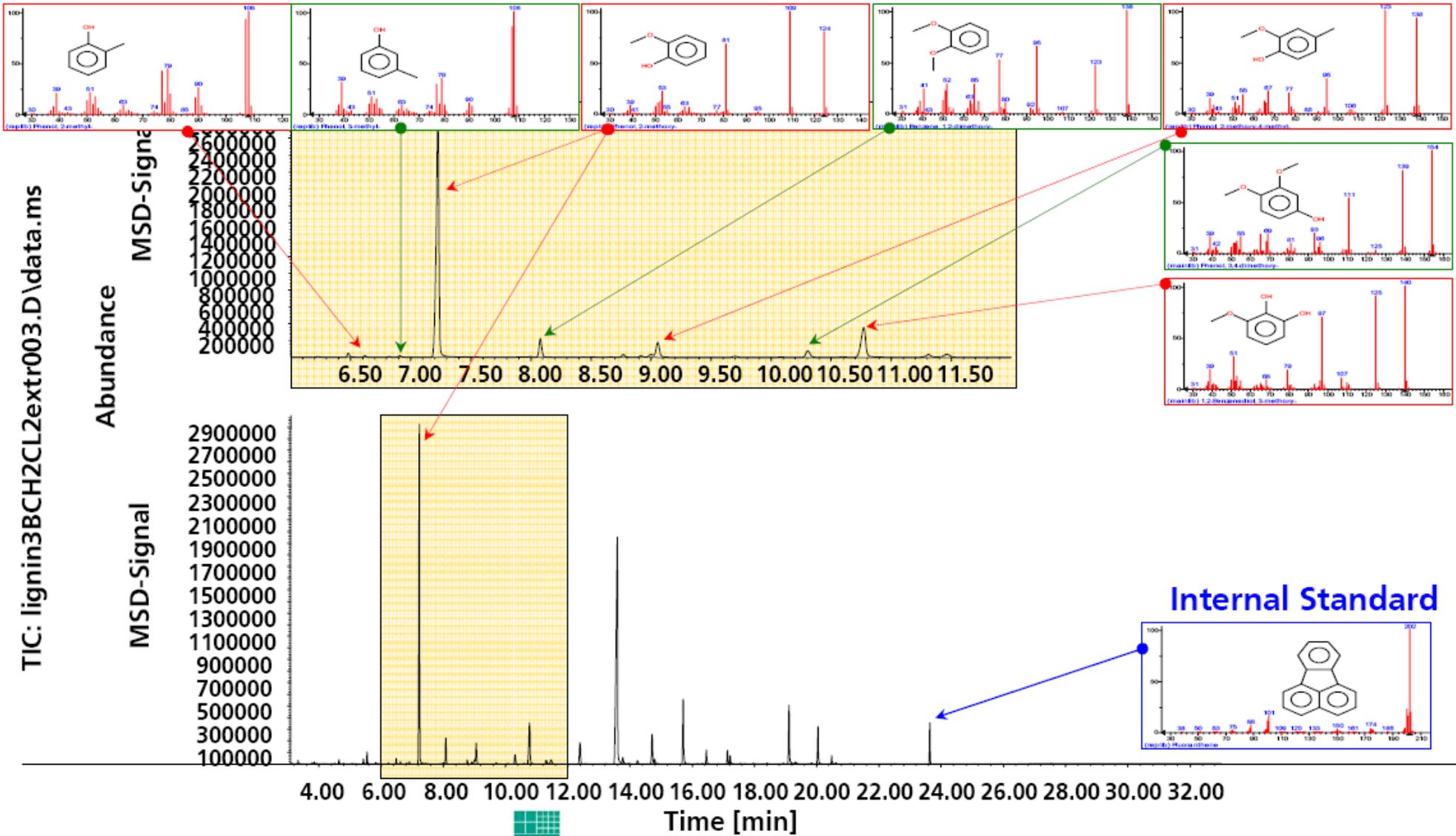
Lignin



p-Cumarylalkohol

Coniferylalkohol

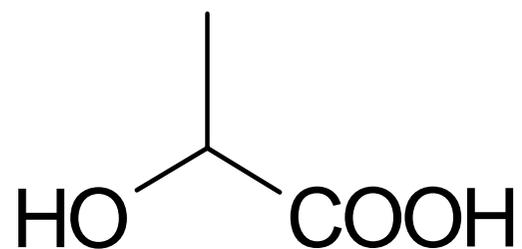




ne



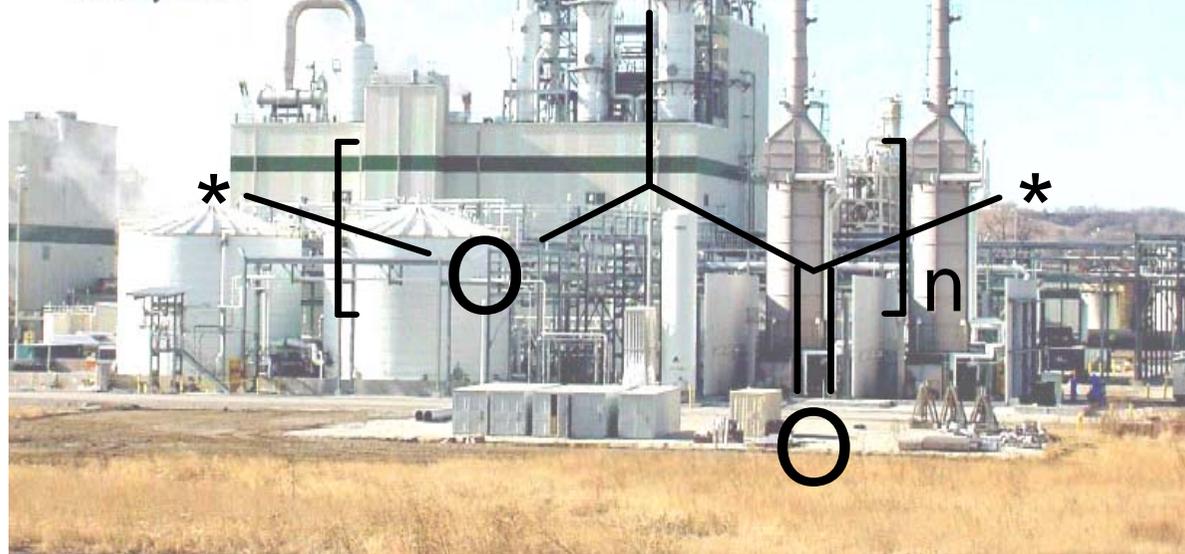
Milchsäure



\$ 300 Million Capital Investment
 19 months from ground breaking to prime product
 10 years to develop technology, know-how and receptive market

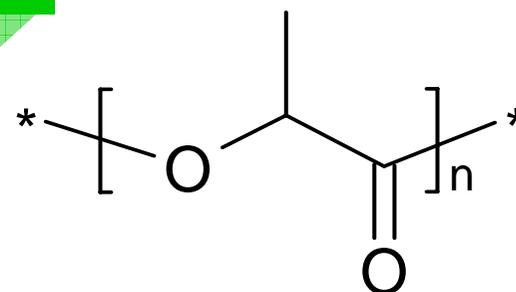
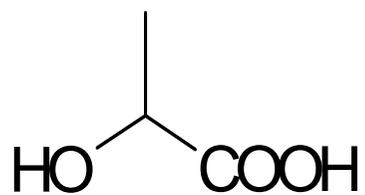
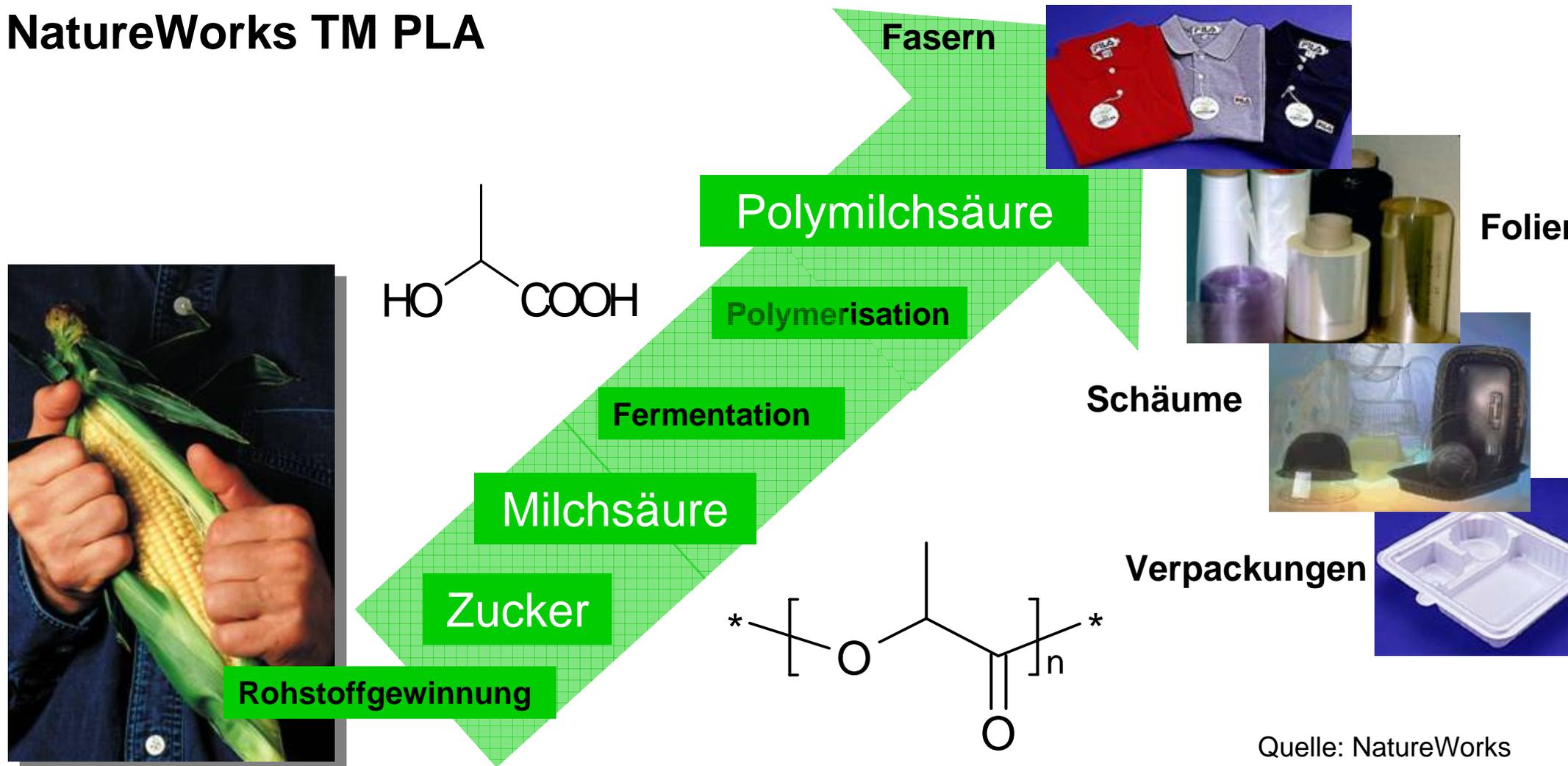
Polymilchsäure

PLA Plant
 Blair, Nebraska
 January 2002

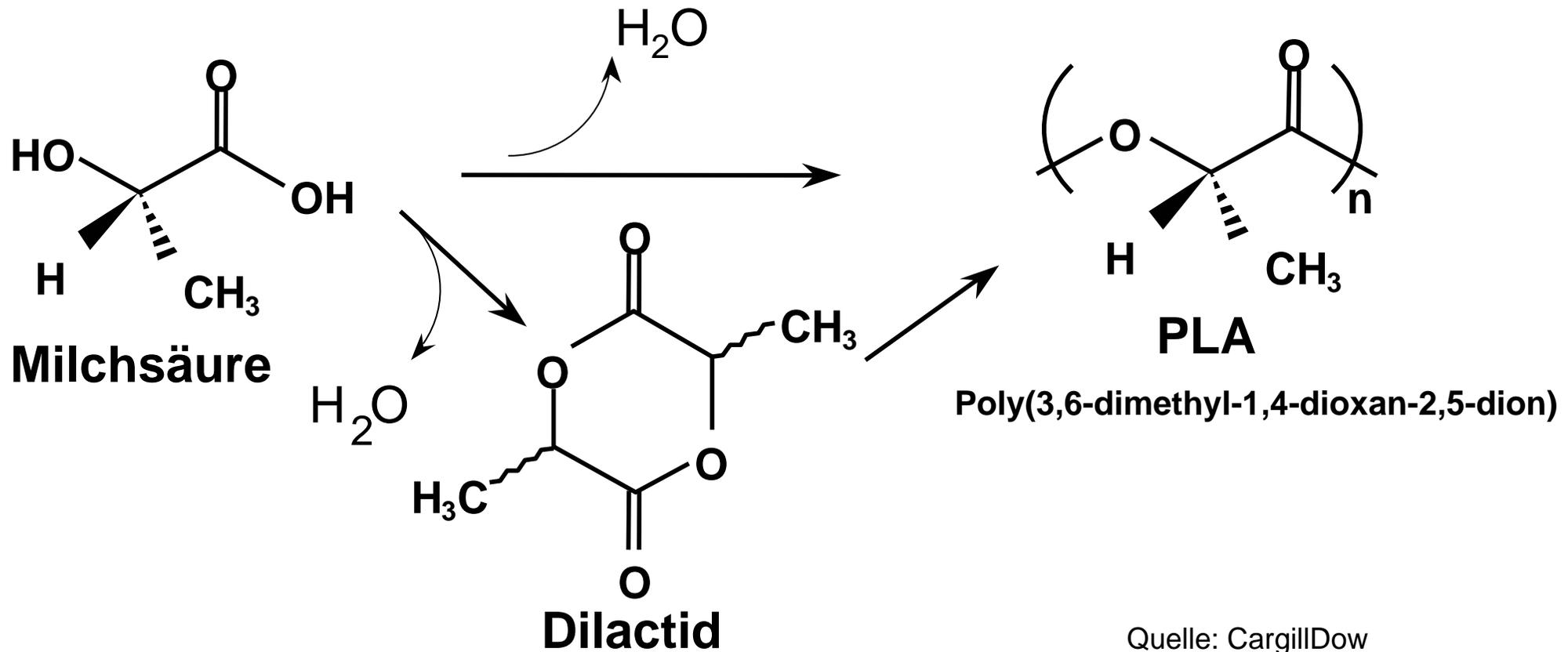


Quelle: CargillDow

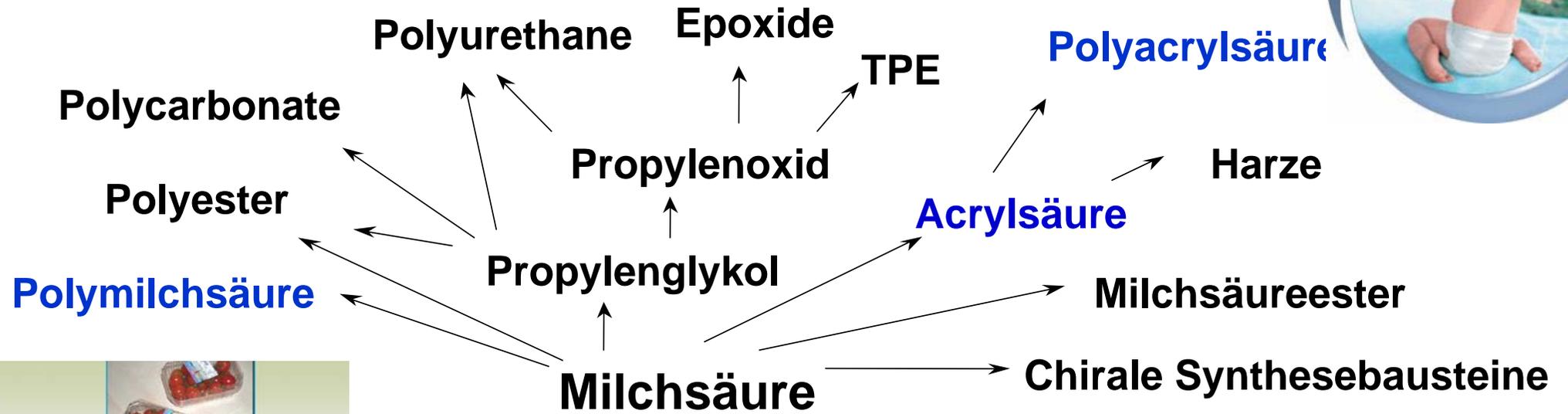
NatureWorks TM PLA



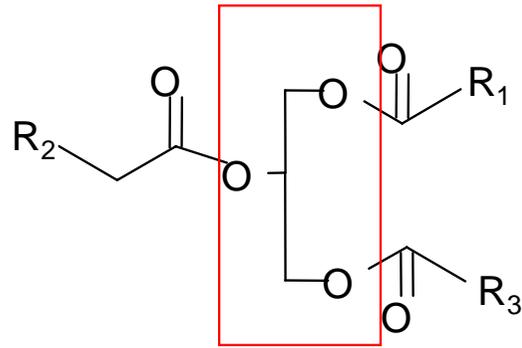
Welche Route?



Produkte aus Milchsäure

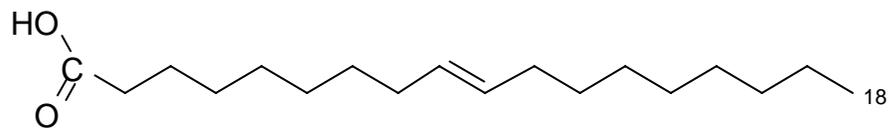


Natürliche Fette und Öle – Struktur und Reaktionen

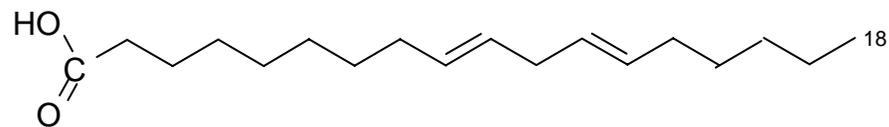


Triglyzerid

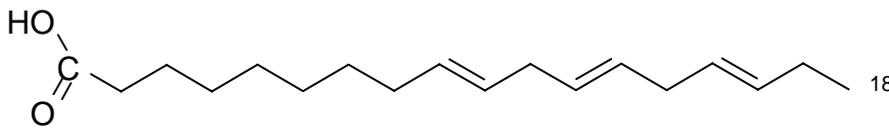
- Reaktionen an der Carboxylgruppe
- Reaktionen an der Doppelbindung
- Reaktionen an der endständigen Methylgruppe
- Reaktionen des Glycerins



Ölsäure



Linolsäure



Linolensäure

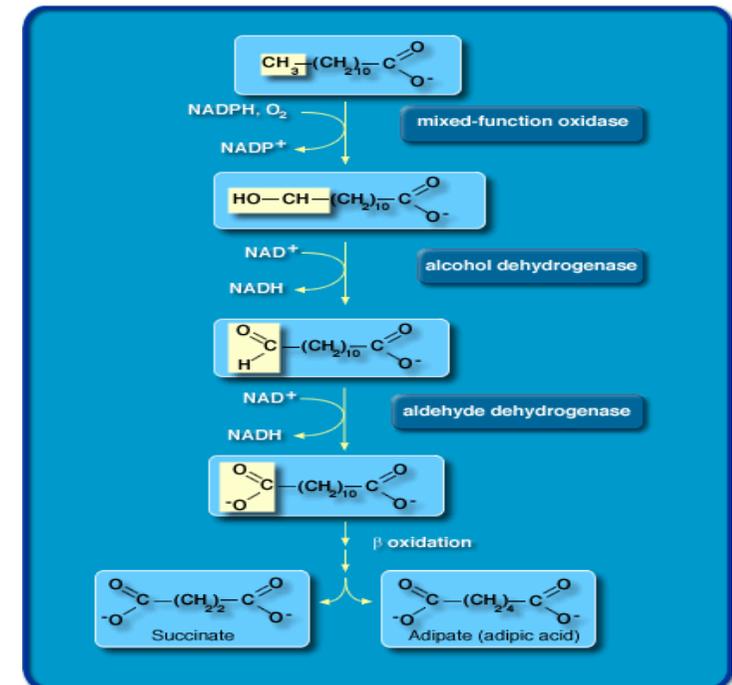
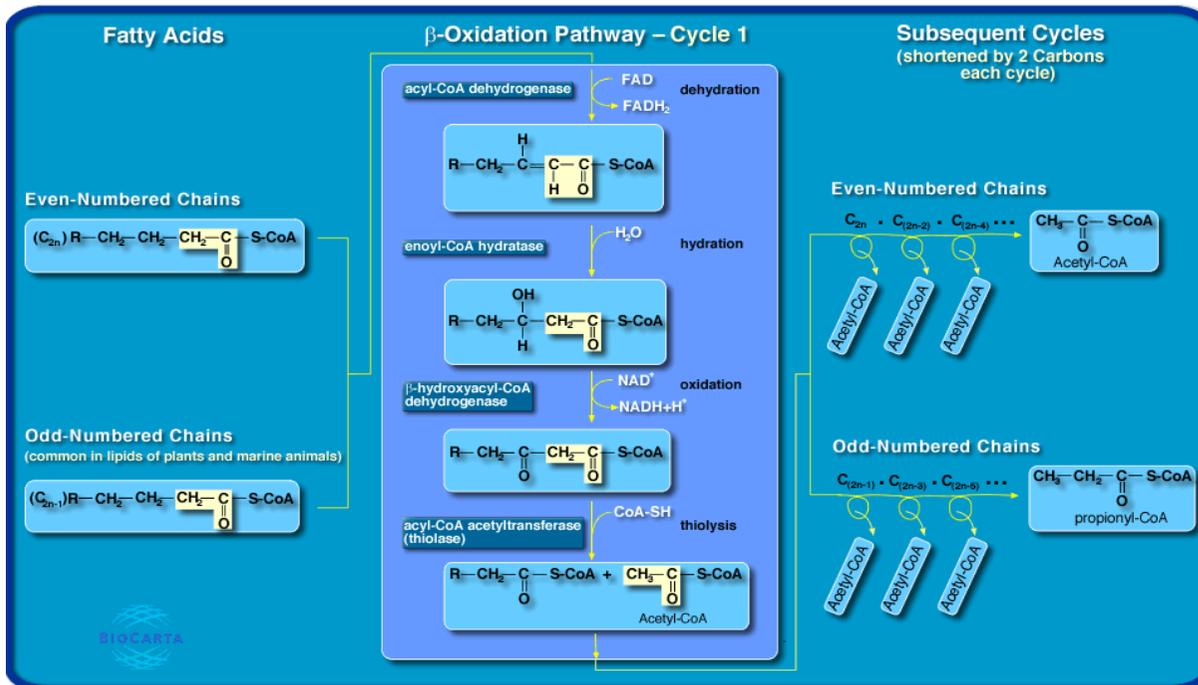


Endständige Oxidation von Fettsäuren durch biotechnologische Prozesse zur Herstellung α,ω -substituierter Monomere

Inaktivierung
der beta-Oxidation



Verstärkung/Optimierung
der ω -Oxidation



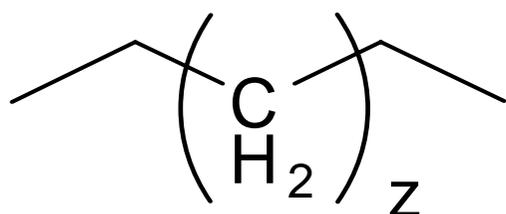
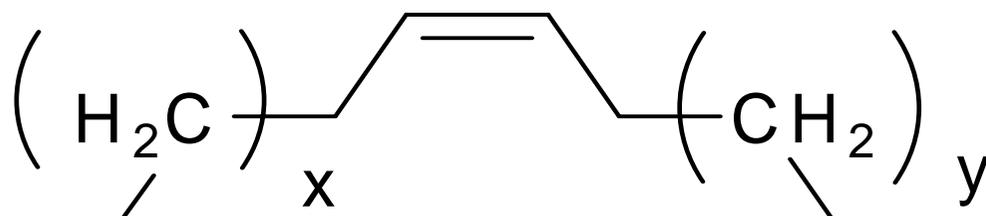
Produktionsstämme: *Candida sake*, *Yarrowia lipolytica*, *Candida tropicalis*

Quelle: IGB, Stuttgart



Neue Monomere durch biotechnologische Prozesse

α,ω -difunktionale Verbindungen



COOH

COOH

OH

COOH

OH

NH₂

COOH

OH

OH

NH₂NH₂NH₂

Eigenschaften werden bestimmt durch:

- Anzahl der Methylengruppen
- Anzahl und Lage der Doppelbindungen



Glyzerin als Plattformchemikalie

Primärprodukt aus der Fettsäurespaltung und Biodieselherstellung

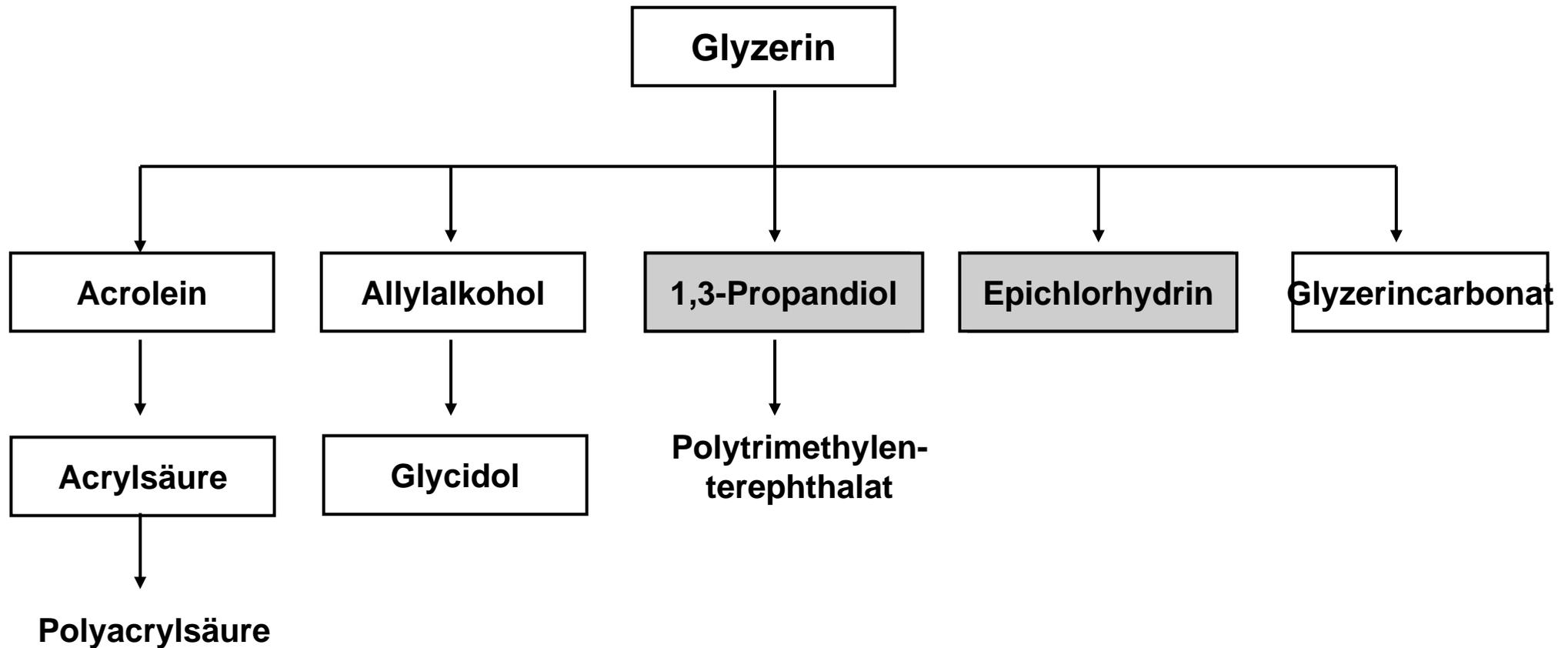
- Biodiesel - Kapazitäten in Deutschland (2006): 2,35 Mio. t/a *
- in Planung/im Bau: 2,28 Mio. t/a *
- USA – installierte Kapazität (2006): 1,90 Mio. t/a **
- im Bau: 4,60 Mio. t/a **

Verfügbares Glyzerin:	450.000 - 1.100.000 t/ a
-----------------------	--------------------------

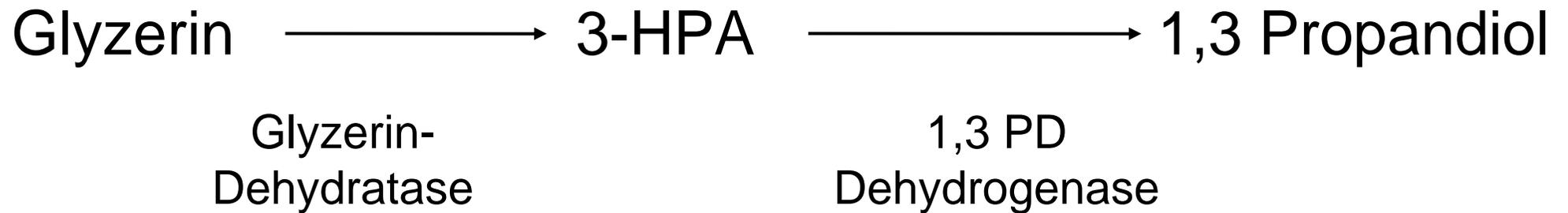
* FNR

** US National BioDiesel Board

Glyzerin als Plattform-Chemikalie



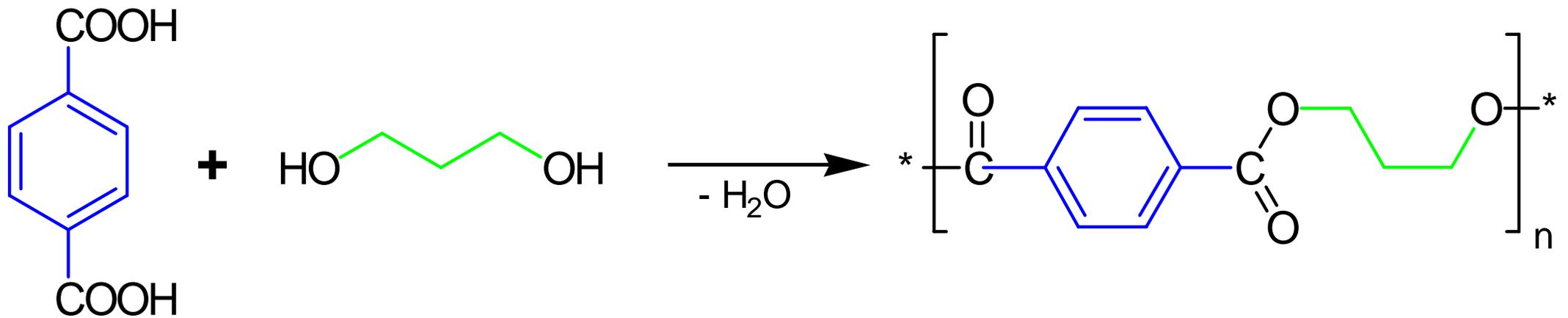
Rohstoffadaptierte Enzyme für die Umwandlung von Glycerin zu 1,3 Propandiol (Vitamin B12 unabhängig)



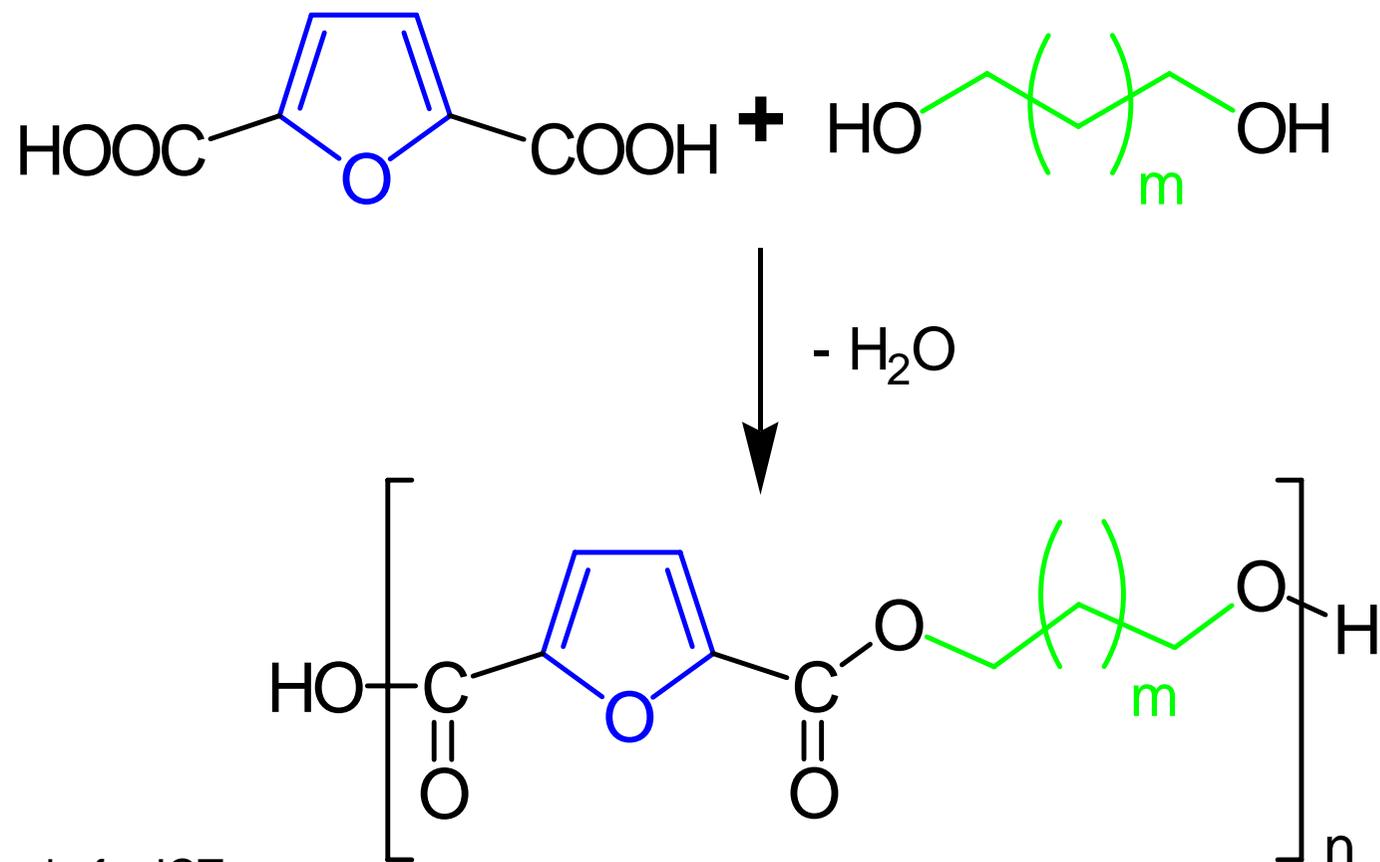
Produktionsstämme: *E. coli*, *Clostridium*

Quelle: IME, Aachen

Polymere auf Basis von 1,3-Propanediol und Terephthalsäure



Polymere auf Basis von 1,3-Propandiol und 2,5-Furandicarbonsäure



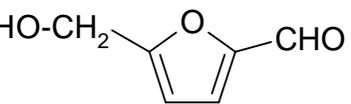
Quelle: Fraunhofer ICT

Hydrothermolyse von Kohlenhydraten

Zucker

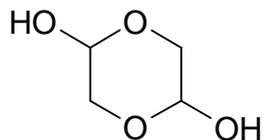
Hydrothermolyse

reduktive
Hydrothermolyse



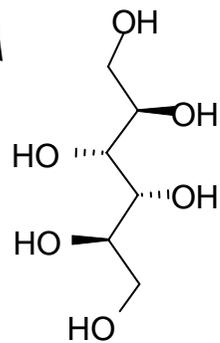
5-HMF

5-Hydroxymethylfurfural

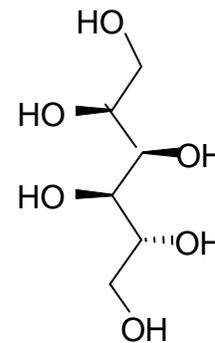


DHD

2,5-Dihydroxydioxan



Mannit



Sorbit

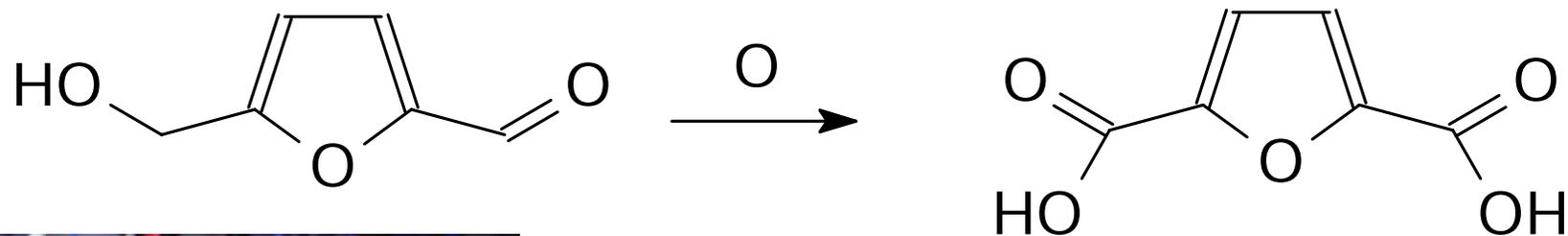
Polyalkohole



Quelle: Fraunhofer ICT



Herstellung von 2,5-Furandicarbonsäure



Quelle: Fraunhofer ICT



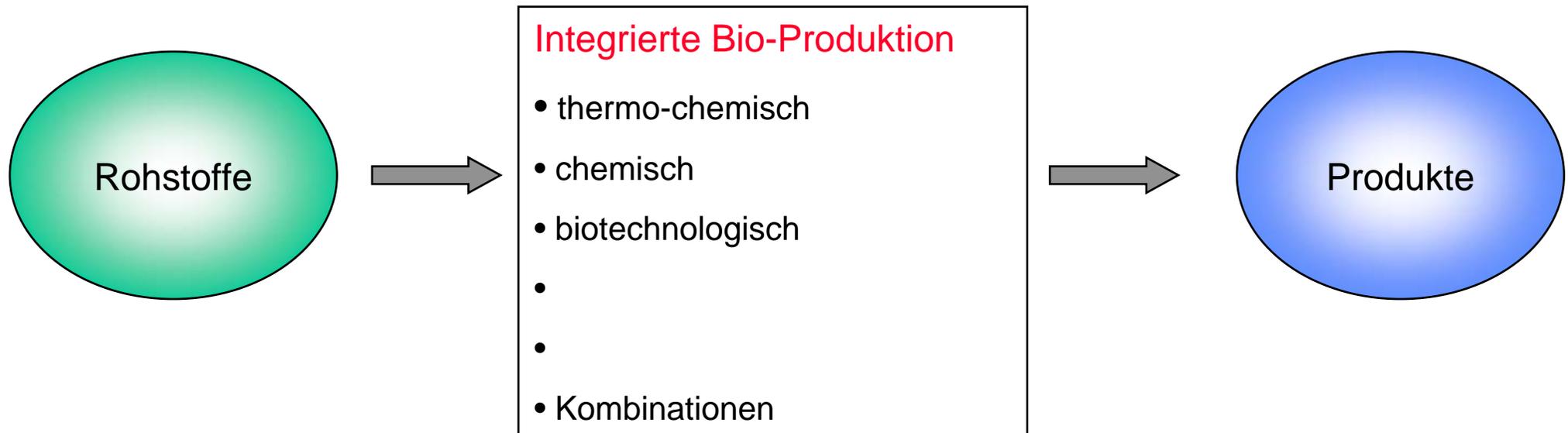
Gliederung

1. Einleitung
2. Prozesse für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe
3. Produkte aus biotechnologischen und chemischen Prozessen
- 4. Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassung

- Zunehmender Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen ist festzustellen.
- Bioethanol, Glycerin und Milchsäure werden bereits im technischen Maßstab eingesetzt.
- Hoher Funktionalisierungsgrad der nachwachsenden Rohstoffe erfordert neue Synthesestrategien.
- Für die Herstellung von biobasierten Produkten gibt es verschiedene Wege.
- Die Syntheseleistung der Natur sollte optimal ausgenutzt werden.
- Biobasierte Produkte bieten interessante Eigenschaften.

Ausblick – Integrierte Bioproduktion (Bioraffinerie)



Vielen Dank für die Unterstützung der Arbeiten

BMBF und Projektträger DLR und PTJ

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

BMLEV und Projektträger FNR

Universitäre Projektpartner

Industrielle Projektpartner

Fraunhofer-Gesellschaft

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

